



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۲۳۰۵-۵

چاپ اول

۱۳۹۳

INSO

12305-5

1st.Edition

2014

تحقیقات و آزمون‌های ژئوتکنیکی - آزمون
صحرائی - قسمت ۵: آزمون دیلاتومتر
منعطف

Geotechnical investigation and testing —
Field testing —
Part 5:
Flexible dilatometer test

ICS: 93.020

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است. تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادات در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی بهره گیری می شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) و سایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) و سایل سنجش، تعیین عبار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2 - International Electrotechnical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

« تحقیقات و آزمون های ژئوتکنیکی - آزمون صحرایی - قسمت ۵ : آزمون دیلاتومتر منعطف »

رئیس:

روا، افشین

(کارشناسی ارشد مهندسی عمران)

سمت و/یا نمایندگی

اداره کل استاندارد استان آذربایجان

شرقی

دبیر:

پوربابا، مسعود

(کارشناسی ارشد مهندسی عمران)

شرکت کیفیت آفرینان آذر

اعضاء : (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

ادریسی، نازیلا

(کارشناسی ارشد معماری)

دانشگاه آزاد اسلامی واحد سردرود

ارشد شبخانه، بهمن

(کارشناسی ارشد مهندسی عمران)

اداره کل استاندارد استان آذربایجان

شرقی

تبریزی، آذر

(کارشناسی مهندسی عمران)

شرکت کیفیت آفرینان آذر

زمان پور، اصغر

(کارشناسی مهندسی عمران)

مجتمع مس سونگون

عدالتی، حسین

(کارشناسی ارشد مهندسی عمران)

شرکت بتن خاوران

قدیمی کلجاهی، فریده

(کارشناسی ارشد شیمی)

اداره کل استاندارد استان آذربایجان

شرقی

اداره کل استاندارد استان آذربایجان
شرقی

متذکر، نسیبه
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

شرکت تکین ساز آزما

مشاور، عاطف
(کارشناسی مهندسی عمران)

پیش گفتار

استاندارد " تحقیقات و آزمون‌های ژئوتکنیکی - آزمون صحرایی - قسمت ۵ : آزمون دیلاتومتر منعطف " که پیش نویس آن در کمیسیون های مربوط شرکت کیفیت آفرینان آذر تهیه و تدوین شده است و در پانصد و نهمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده های ساختمانی مورخ ۱۳۹۳/۲/۲۷، مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت های ملی و جهانی در زمینه صنایع ، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود ، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدید نظر استانداردهای ملی استفاده کرد .

منبع و مآخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است :

ISO 22476-5:2012, Geotechnical investigation and testing- Field testing - Part 5:
Flexible dilatometer test

تحقیقات و آزمون‌های ژئوتکنیکی - آزمون صحرایی - قسمت ۵ - آزمون دیلاتومتر^۱ منعطف

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین الزامات تجهیزات، انجام و گزارش آزمون دیلاتومتر منعطف است. **یادآوری ۱-** این استاندارد الزامات آزمون‌های دیلاتومتر را به عنوان قسمتی از تحقیقات و آزمون‌های ژئوتکنیکی مطابق با استانداردهای EN1997-1 و EN1997-2 بیان می‌کند. این استاندارد برای زمین‌هایی که به حد کافی برای تاثیر معکوس عملیات حفاری محکم نیستند کاربرد دارد. این استاندارد برای ۴ روش انجام آزمون دیلاتومتر منعطف کاربرد دارد. این استاندارد برای اجرای آزمون‌ها تا عمق ۱۸۰۰ m به کار می‌رود. این آزمون را می‌توان در زمین یا ساحل انجام داد.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود. در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است. استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است :

۱-۲ استاندارد ملی ایران به شماره ۱۰۰۱۲، سیستم‌های مدیریت اندازه‌گیری - الزامات فرآیندهای اندازه‌گیری و تجهیزات اندازه‌گیری

2-2 ISO 14688-1, Geotechnical investigation and testing — Identification and classification of soil — Part 1: Identification and description

2-3 ISO 14689-1, Geotechnical investigation and testing — Identification and classification of rock — Part 1: Identification and description

2-4 ISO 22475-1, Geotechnical investigation and testing — Sampling methods and groundwater measurements — Part 1: Technical principles for execution

2-5 EN 791, Drill rigs — Safety

2-6 EN 996, Piling equipment — Safety requirements

2-7 ENV 13005:1999, Guide to the expression of uncertainty in measurement

۳ اصطلاحات و تعاریف، نمادها، اختصارات و یکاها

۳-۱ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود:

۳-۱-۱

دیلاتومتر

کاوشگر منعطف استوانه‌ای که می‌تواند با اعمال فشار هیدرولیکی یا گل‌فشرده شده انبساط یابد و دارای مبدل‌هایی برای اندازه‌گیری تغییر مکان‌های غشای منعطف و فشار داخلی است.

۳-۱-۲

تجهیزات آزمون دیلاتومتر منعطف

تجهیزات کاملی که برای انجام آزمون دیلاتومتر منعطف ضروری هستند عبارتند از: کاوشگر، پمپ هیدرولیکی یا گاز فشار بالا در بطری، واحد اندازه‌گیری و کابل‌هایی برای اتصال کاوشگر به واحد اندازه‌گیری و پمپ هیدرولیکی یا بطری گاز.

یادآوری- قسمت‌هایی که برای حمل کاوشگر دیلاتومتر منعطف به محل آزمون ضروری هستند، شامل موارد فوق نیستند.

۳-۱-۳

عمق‌یابی دیلاتومتر

مجموعه کامل عملیات متوالی در گمانه^۱ داده شده، یعنی ایجاد حفره‌های دیلاتومتر و انجاو آزمون‌های دیلاتومتر آن‌ها است.

۳-۱-۴

حفره آزمون دیلاتومتر

حفره استوانه‌ای با سطح مقطع مدور حفر شده در داخل زمین برای وارد کردن کاوشگر دیلاتومتر است.

۳-۱-۵

آزمون دیلاتومتر منعطف

فرآیند انبساط دیلاتومتر منعطف برای فشردن غشا منعطف به دیواره حفره و اندازه‌گیری انبساط همراه به عنوان تابعی از غشا و زمان است (به شکل ۱ مراجعه شود).

۳-۱-۶

قطر اسمی حفره

قطر حفره در زمان اعمال فشار نشست است.

۳-۱-۷

فشار نشست

فشار طی انبساط دیلاتومتر در تماس غشا دیلاتومتر به دیواره حفره، است.

۸-۱-۳

افزایش فشار

افزایش ثابت فشار در دیلاتومتر منعطف مطابق با برنامه از پیش تعیین شده و ثبت واحد کنترل است.

یادآوری- همچنین ممکن است کاهش فشار باشد.

۹-۱-۳

تغییر مکان حفره قطری

تغییر مکان دیواره حفره ناشی از افزایش یا کاهش فشار است.

۱۰-۱-۳

افزایش / کاهش قطر

تغییر قطر دیلاتومتر منعطف و تغییر مکان دیواره حفره به علت افزایش / کاهش فشار و ثبت در واحد اندازه-گیری است.

۱۱-۱-۳

منحنی دیلاتومتر منعطف

نمودار ترسیمی فشار در برابر تغییر مکان دیواره حفره است.

۱۲-۱-۳

مدول های برشی دیلاتومتر منعطف

G_{FDT}

مدول های برشی محاسبه شده از شیب در فواصل مختلف فشار و تغییر مکان دیواره حفره است.

۱۳-۱-۳

مدول های دیلاتومتر منعطف

E_{FDT}

مدول های یانگ^۱ محاسبه شده از شیب در فواصل مختلف فشار و تغییر مکان دیواره حفره است.

۱۴-۱-۳

عمق آزمون

فاصله بین سطح زمین و مرکز طول انبساط دیلاتومتر اندازه گیری شده در طول محور گمانه است (به شکل ۲ مراجعه شود).

۱۵-۱-۳

کاربر

شخص تایید صلاحیت شده انجام دهنده آزمون است

۲-۳ نمادها

برای اهداف این استاندارد نمادهای ارائه شده در جدول ۱ به کار می‌رود.

جدول ۱- نمادها

نماد	نام	واحد
a	ضریب تراکم غشا در دیلاتومتر نوع B	mm.MPa ⁻¹
d	قطر حفره تصحیح شده	mm
d ₁	قطر حفره تصحیح شده در زمان t ₁	mm
d ₂	قطر حفره تصحیح شده در زمان t ₂	mm
d _c	قطر استوانه واسنجی تراکم	mm
d _d	قطر خارجی دیلاتومتر	mm
d _r	قطر حفره قرائت شده در واحد اندازه‌گیری	mm
d _s	قطر اسمی حفره بعد از اعمال فشار نشست	mm
E _{FDT}	مدول یانگ آزمون دیلاتومتر منعطف	mm
G ₁	مدول برشی در روش C	MPa
G _{FDT}	مدول برشی آزمون دیلاتومتر منعطف	MPa
G _L	مدول برشی بارگذاری آزمون دیلاتومتر منعطف	MPa
G _R	مدول برشی بارگذاری مجدد آزمون دیلاتومتر منعطف	MPa
G _U	مدول برشی باربرداری آزمون دیلاتومتر منعطف	MPa
G _{UR}	مدول برشی باربرداری / بارگذاری مجدد آزمون دیلاتومتر منعطف	MPa
k _f	پارامتر خزش	mm
L _{FD}	طول قسمت انعطافی کاوشگر	mm
L _g	فاصله محوری بین مبدل یا مقطع LVDT و حلقه نگهدارنده غشا	mm
L _d	طول قسمت اندازه‌گیری دیلاتومتر	mm
p	فشار اعمالی بعد از تصحیح	mm
p _{1,1}	فشار آسودگی کامل برای حلقه در روش A	MPa
p ₁	فشار در نقطه برگشت حلقه اول	MPa
p ₂	فشار در نقطه برگشت حلقه دوم	MPa
p ₃	فشار در نقطه برگشت حلقه سوم	MPa
p _{max}	فشار اعمالی حداکثر طی آزمون	MPa
p _m	کاهش فشار همراه با سفتی غشا	MPa
p _{Li}	محدوده فشار اعمالی در مرحله بارگذاری شماره i	MPa
p _{Ri}	محدوده فشار اعمالی در مرحله باربرداری شماره i	MPa
p _{Ui}	محدوده فشار اعمالی در مرحله بارگذاری شماره i	MPa
p _r	فشار قرائت شده در واحد اندازه‌گیری	MPa
p _s	فشار نشست	MPa

MPa	فشار تسلیم طی آزمون دیلاتومتر در روش C	p_y
min	زمان	t
min	زمان ۱ آزمون فشار ثابت	t_1
min	زمان ۲ آزمون فشار ثابت	t_2
m	عمق آزمون	z

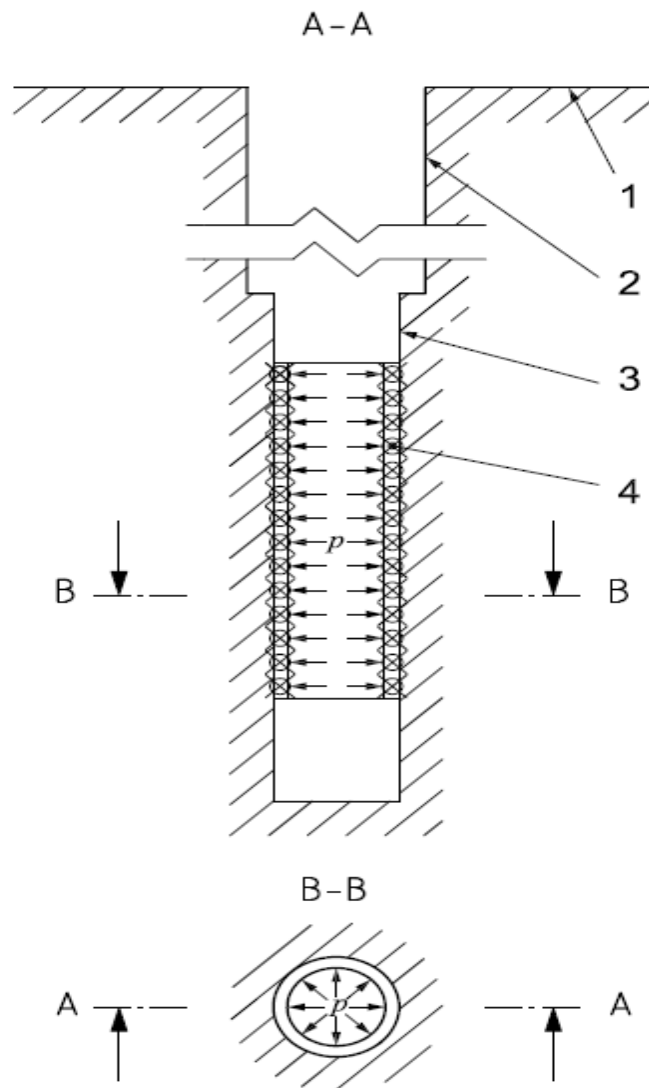
جدول ۱- ادامه

واحد	نام	نماد
mm	افزایش تغییر مکان قطری حفره	Δd_r
mm	افزایش تصحیح شده تغییر مکان قطری حفره	Δd
MPa	افزایش فشار اعمالی قرائت شده در واحد کنترل	Δp_r
MPa	افزایش تصحیح شده فشار اعمالی	Δp
-	نسبت پواسون	ν

۴ تجهیزات

۴-۱ کلیات

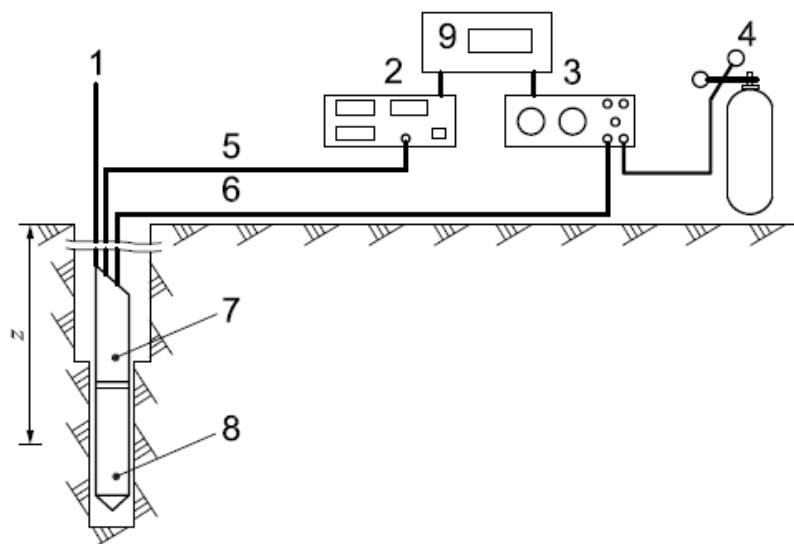
آزمون دیلاتومتر منعطف با انبساط غشا دیلاتومتر منعطف قرار گرفته در زمین انجام می شود (به شکل ۱ مراجعه شود). فشار اعمال شده و برای به دست آوردن رابطه تنش- کرنش تغییر مکان زمین مورد آزمون، انبساط کاوشگر اندازه گیری و ثبت می شود.



- راهنما:
- ۱ سطح زمین
 - ۲ دیواره گمانه
 - ۳ حفره
 - ۴ کاوشگر دیلاتومتر انبساطی
 - P فشار اعمالی
 - A-A مقطع محوری
 - B-B سطح مقطع

شکل ۱- نمونه‌ای از آزمون دیلاتومتر منعطف

تجهیزات انجام آزمون دیلاتومتر باید شامل اجزا نشان داده شده در شکل ۲ باشد.



راهنما:

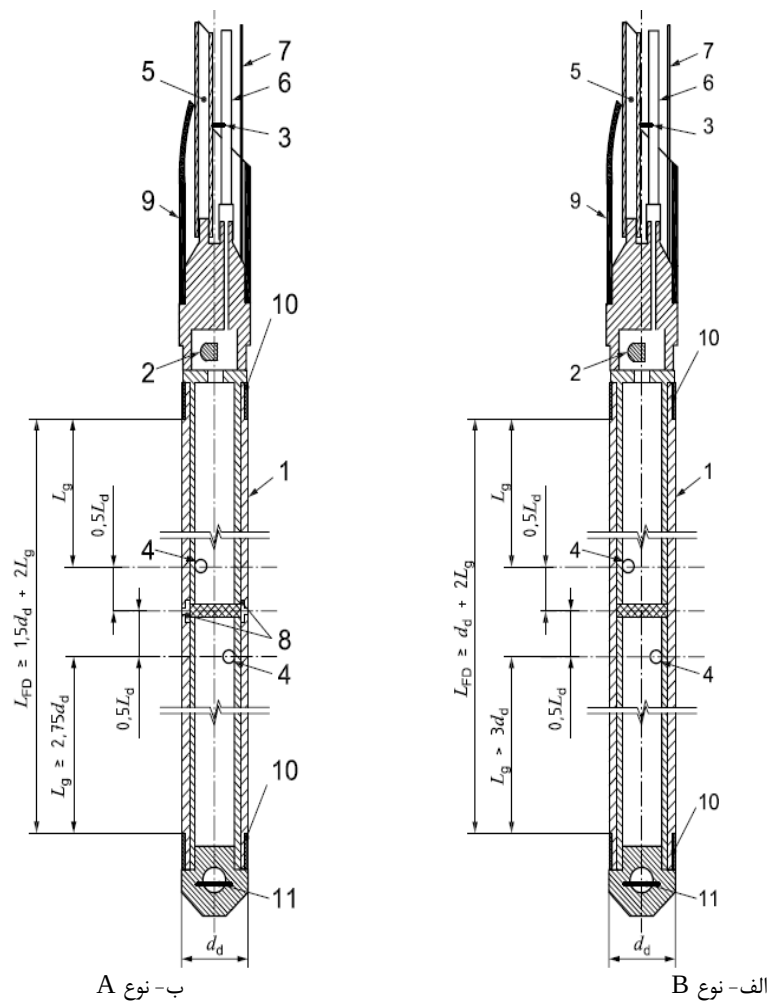
- ۱ میله‌های تنظیم
- ۲ واحد اندازه‌گیری تغییر مکان
- ۳ واحد کنترل فشار
- ۴ منبع فشار
- ۵ کابل علامت
- ۶ لوله فشار
- ۷ لوله جمع‌آوری رسوب
- ۸ کاوشگر دیلاتومتر منعطف
- ۹ ثبات داده
- Z عمق آزمون

شکل ۲- نمودار شماتیک تجهیزات دیلاتومتر منعطف

یادآوری- گاهی میله‌های تنظیم برای فشردن کاوشگر به داخل حفره‌های تنگ ضروری هستند. همچنین آن‌ها جهت‌یابی ابزار را ممکن می‌کنند. آن‌ها در مواردی که خارج کردن کاوشگر در پایان آزمون مشکل است و چکش‌کاری لازم است ضروری هستند. توصیه می‌شود قطر بارحول ۷۶ mm، ۹۶ mm، ۱۰۱ mm طبق استاندارد ISO 22475-1 باشد. قطر خارجی d_g دیلاتومتر منعطف موقع خالی بودن باید ۳ mm تا ۶ mm کوچکتر از قطر اسمی گمانه باشد. فشار اعمالی به غشا باید با سه (یا بیشتر) مبدل الکتریکی کنترل شود.

۲-۴ کاوشگر دیلاتومتر

انبساط گمانه باید با سه (یا بیشتر) مبدل الکتریکی کنترل شود. در نوع A، تغییر مکان قطری باید با مبدل‌های الکتریکی اندازه‌گیری شود که باید غشا را سوراخ کند و باید مستقیماً روی دیواره گمانه قرار گیرد (به شکل ۳- ب مراجعه شود). این نوع باید ترجیحاً در سنگ‌ها به کار رود (دیلاتومتر سنگ، RDT، به استاندارد EN 1997-2 مراجعه شود).



راهنما:

۱ غشا

۲ مبدل فشار

۳ سیال یا گاز

۴ مبدل تغییر مکان

۵ میله تنظیم

۶ لوله فشار

۷ کابل علامت

۸ ملحقات فلزی در هر دو لبه هر مبدل تغییر مکان (نوع A)

۹ لوله جمع آوری رسوب

۱۰ حلقه نگهدارنده غشا

۱۱ (در صورت کاربرد)

d_d قطر خارجی دیالومتر

L_{FD} طول قسمت انبساطی دیالومتر

L_g فاصله محوری بین مبدل و حلقه نگهدارنده

L_d طول اندازه گیری قطعه دیالومتر

یادآوری ۱- در این طرح سه مبدل تغییر مکان وجود دارد (شماره ۴) که نسبت به هم زاویه 120° دارند.

یادآوری ۲- در نوع A مبدل شماره ۴ نشانگر طول با ملحه فلزی آن است.

شکل ۳- طرح دیالومتر منعطف (بدون مقیاس)

طول انبساط L_{FD} کاوشگر باید بیشتر از $(L_d + L_d/5)$ بشود. قطعه اندازه‌گیری L_d نباید بیشتر $1/5 d_b$ شود. در نوع B، تغییرمکان قطری باید با مبدل الکتریکی قرار گرفته در دیوار داخلی غشا اندازه‌گیری شود (به شکل ۳-ب مراجعه شود). چون تراکم غشا بر قرائت‌های فشار و تغییرمکان تاثیر می‌گذارد، باید تصحیحات درست با واسنجی متناظر تعیین شود (به بند الف-۳ مراجعه شود). نوع B باید ترجیحا در خاک‌ها به کار رود (دیلاتومتر خاک، SDT، به استاندارد EN 1997-2 مراجعه شود).

۳-۴ واحدهای اندازه‌گیری تغییرمکان و کنترل فشار

واحدهای اندازه‌گیری تغییرمکان و فشار باید انبساط کاوشگر را کنترل کرده و امکان قرائت فشار گاز یا مایع و تغییرمکان را به عنوان تابعی از زمان فراهم کنند.

سامانه تنظیم فشار باید امکان موارد زیر را فراهم کند (۳ و ۴ شکل ۲):

الف- رساندن فشار به حداقل 20 MPa ؛

ب- انجام افزایش فشار 0.5 MPa اندازه‌گیری شده در واحد کنترل فشار در کمتر از 20 S ،

پ- توقف تزریق در موارد لازم.

۴-۴ لوله‌های تماس

لوله فشار و کابل علامت باید واحدهای اندازه‌گیری تغییرمکان و کنترل فشار کاوشگر را به هم متصل کند.

لوله فشار باید سیال را به کاوشگر موازی یا هم محور با کابل علامت حمل کند.

۵-۴ درستی و کنترل اندازه‌گیری

۴-۵-۱ زمان

درستی دستگاه مورد استفاده برای اندازه‌گیری زمان باید 1 S باشد.

۴-۵-۲ فشار و تغییرمکان

حداکثر عدم قطعیت اندازه‌گیری دستگاه اندازه‌گیری فشار و تغییرمکان باید همان طور که در بند ۴-۵ بیان شده، باشد.

۴-۵-۳ نمایش قرائت‌ها

در محل، واحد کنترل حجم و تغییرمکان باید نمایش هم‌زمان و آنی از قرائت‌های زیر ارائه کند: زمان، فشار سیال تزریق شده به کاوشگر و تغییرمکان‌های قطری.

۴-۵-۴ استوانه واسنجی تراکم غشا

ابعاد اصلی استوانه فولادی انجام واسنجی برای تراکم غشا باید به صورت زیر باشد:

الف- قطر داخلی مشخص که دقیقا در ابزا خالی جا شود؛

ب- ضخامت دیواره مناسب برای فشار حداکثر اعمالی باشد؛

پ- طول به طور مناسبی بزرگتر از طول انبساط ابزار باشد.

۴-۶ ثبات داده‌ها

اگر داده‌ها به صورت دستی ثبت نشوند، یک سامانه ثبات داده‌ها باید برای ثبت قرائت‌ها از مبدل‌ها، واسنجی داده‌ها و قرائت نتایج فشار و تغییرمکان در دسترس باشد.

۵ روش انجام آزمون

۱-۵ الزامات ایمنی

ملاحظات ایمنی باید بر اساس مقررات ملی برای موارد زیر، در نظر گرفته شود:

الف- سلامتی کارکنان و تجهیزات ایمنی ؛

ب- هوای تمیز (اگر کار در محیط سرپوشیده انجام شود)؛

پ- اطمینان از ایمنی کارکنان و تجهیزات .

لوازم حفاری، در صورت کاربرد، باید مطابق استاندارد ISO 22475-1 باشند.

۲-۵ نصب قسمت‌ها

غشا و سایر قسمت‌های کاوشگر باید مطابق شرایط مورد انتظار زمین انتخاب شود. سپس کاوشگر باید از طریق لوله تماس به واحد کنترل متصل شود.

سامانه باید با سیال پر شود.

۳-۵ واسنجی دستگاه آزمون و تصحیحات قرائت‌ها

۱-۳-۵ واسنجی دستگاه آزمون

قبل از انجام آزمون، تجهیزات باید واسنجی شوند (به پیوست الف مراجعه شود). اجزا تجهیزات زیر باید واسنجی شوند:

الف- سامانه اندازه‌گیری تغییرمکان؛

ب- سامانه اندازه‌گیری فشار.

واسنجی سامانه ثبات داده‌ها باید مطابق استاندارد ملی شماره ۱۰۰۱۲ ایران انجام شود.

اگر هر قسمت از سامانه تعمیر شود یا تعویض شود، واسنجی باید تایید شود.

کپی مدارک واسنجی باید در محل کار در دسترس باشد.

۲-۳-۵ تصحیح قرائت‌ها

تصحیحات همان طور که در بند الف-۲ بیان شده‌اند، باید برای کاوشگرهای نوع A و نوع B ، با در نظر گرفتن ملاحظات حداکثر تغییر شکل مورد انتظار در آزمون انجام شود.

۴-۵ عدم قطعیت‌ها در اندازه‌گیری

عدم قطعیت‌های زیر باید مطابق با استاندارد ملی شماره ۱۰۰۱۲ ایران حاصل شوند (همچنین به پیوست ت مراجعه شود):

۱-۴-۵ فاصله بین مرکز غشا و بالای حفره نباید از مقادیر زیر بیشتر شود:

۱-۱-۴-۵ $m \pm 0.1$ ؛ یا

۲-۱-۴-۵ طول فنر میله‌ای، هر کدام که بزرگتر باشد.

۲-۴-۵ وضوح هر حسگر به کار رفته برای اندازه‌گیری تغییرمکان قطری اضافی (Δd_r) باید $5 \mu m$ باشد.

۳-۴-۵ وضوح فشارها باید:

۵-۴-۳-۱ کمتر یا مساوی ۰/۵٪ فشار اندازه‌گیری شده؛ یا

۵-۴-۳-۲ کمتر یا مساوی ۲۰ KPa باشد، هر کدام که بزرگتر باشد.

۵-۴-۴ وضوح فواصل زمانی باید ۱ S باشد.

۵-۵ آماده‌سازی برای عمق‌یابی

محل آزمون معمولاً از الزامات طراحی تعیین می‌شود. موقعیت گودال که کاوشگر وارد آن می‌شود باید بر روی نقشه علامت‌گذاری و جزئیات محل مشخص شود. در صورتی که گمانه شیب‌دار باشد، توصیه می‌شود شیب و جهت آن ثبت شود.

برای هر گمانه باید پارامترهای زیر ثبت شود:

الف- ارجاع به این استاندارد؛

ب- شماره عمق‌یابی؛

پ- روش حفر گمانه؛

ت- نیمرخ خاک/سنگ یا حداقل نوع خاک / سنگ برای هر حفره آزمون مطابق استانداردهای ISO 14688-1 و ISO 14689-1.

۵-۶ برقرای برنامه بارگذاری

حفره باید طوری حفاری شود و کاوشگر دیلاتومتر در محل آزمون قرار گیرد که حداقل دست‌خوردگی در دیواره گمانه مورد آزمون ایجاد شود.

حفره باید مطابق استاندارد ISO 22475-1 حفاری و نمونه‌برداری انجام شود. شناسایی و طبقه‌بندی زمین مطابق استاندارد ISO 14688-1 و ISO 14689-1 باید از هر لایه مجزای زمین در محدوده عمق تحقیقات مطلوب در دسترس باشد (به استاندارد EN1997-2 مراجعه شود).

گمانه باید در محدوده ۱ m عمق آزمون پیشروی کند. سپس حفره در حدود ۳ m طول و قطر اسمی ابزار مغزه‌گیری شود. کاوشگر دیلاتومتر باید بدون تاخیر جاگذاری شود. در همه موارد به جز سنگ سخت، این کار در محل نباید دیرتر از ۲ h بعد از اتمام عمل مغزه‌گیری انجام شود. در صورت لزوم، ابزار ممکن است در حفره با چرخاندن میله‌های تنظیم جهت‌یابی شود. ابزار باید به گونه‌ای وارد حفره شود که بالای طول انبساط حداقل در ۰/۵ m ورودی حفره قرار بگیرد. لبه پایینی غشا دیلاتومتر منعطف نباید نزدیکتر از ۰/۵ m به کف حفره باشد.

باید به تأثیرات هر نوع رسوب در گمانه توجه کافی شود.

در مواردی که مغزه پوشانده نشده است یا وقتی پایداری دیواره گمانه تضمین نشده است، دقت اجرای آزمون باید توسط کاربر ارزیابی شود.

وقتی اقداماتی برای پایدار کردن دیواره گمانه انجام می‌شود، تأثیر آن‌ها باید در ارزیابی نتایج آزمون مدنظر قرار گیرد.

۷-۵ انجام آزمون

۷-۵-۱ روش انجام آزمون و برنامه بارگذاری

یکی از روش‌های زیر (معرف یک برنامه بارگذاری خاص) ممکن است برای انجام آزمون انتخاب شود (به پیوست ب مراجعه شود):

روش A: بارگذاری، چرخه باربرداری و بارگذاری مجدد. داده‌ها به صورت دستی ثبت می‌شوند.
روش B: بارگذاری، چرخه باربرداری و بارگذاری مجدد. داده‌ها به صورت خودکار ثبت می‌شوند.
روش C: فقط یک مرحله بارگذاری. داده‌ها به صورت دستی ثبت می‌شوند.
روش D: فقط یک مرحله بارگذاری، دنبال شده با چرخه باربرداری و بارگذاری مجدد، که سپس با حفظ فشار در طول قابل اعمالی از دوره زمانی تعقیب می‌شود که فشار تصحیح شده باید ثابت نگه داشته شود. داده‌ها به صورت دستی ثبت می‌شوند.

روش آزمون و برنامه بارگذاری و باربرداری آن باید مطابق با کاربرد مورد نظر از نتایج آزمون انتخاب شود.

۷-۵-۲ قرائت‌ها و ثبت‌ها قبل و طی آزمون

تعداد خلاصه‌ای از داده‌ها (به بند ۷ مراجعه شود)، همان طور که در بندهای ۷-۵-۲-۱ تا ۷-۵-۲-۴ فهرست شده‌اند باید گزارش شوند.

۷-۵-۲-۱ قبل از آزمون

الف- شناسایی کاربر؛

ب- نوع کاوشگر؛

پ- روش تنظیم کاوشگر؛

ت- مراجع آزمون واسنجی؛

ث- عمق (Z) کاوشگر؛

ج- در صورتی که ثبات داده‌ها به کار رود، پارامترهای آن:

ج-۱ شماره واحد قرائت و تنظیم فشار؛

ج-۲ شماره کارت حافظه یا شماره دیسک؛

ج-۳ اگر داده‌ها به صورت دستی ثبت نشوند، تحلیل ثبات داده‌ها؛

ح- قرائت اولیه هر مبدلی کنترل و ثبت شود؛

خ- سال، ماه، روز و دقیقه آزمون.

۷-۵-۲-۲ طی آزمون

در پایان هر حفظ فشار:

الف- فشار بارگذاری یا شماره مرحله حفظ فشار در مجموعه؛

ب- هر تغییری در فشار و تغییر مکان روی داده طی مرحله حفظ فشار.

۷-۵-۲-۳ در پایان آزمون (به بندهای ۷-۵-۸ مراجعه شود)

الف- تاریخ و زمان اتمام آزمون؛

ب- منحنی فشار تصحیح نشده در مقابل تغییر مکان؛

پ- چاپ کامل تصدیق شده توسط کاربر که امضا و نامش نوشته شده است.

۵-۷-۲-۴ برگ داده‌ها و چاپ خروجی

برگه‌های داده‌ها (به پیوست پ مراجعه شود) یا در صورت استفاده از ثبات داده‌ها، چاپ خروجی‌ها باید برای گزارش نتایج در دسترس باشد.

۵-۸ پایان بارگذاری

همه آزمون‌ها وقتی یکی از موارد زیر اتفاق بیفتد، متوقف می‌شوند:

الف- برنامه آزمون مشخص انجام شود؛

ب- حداکثر انبساط مجاز غشا دیلاتومتر منعطف حاصل شود؛

پ- از محدوده اندازه‌گیری هر یک از مبدل‌ها تجاوز شود.

۵-۹ پر کردن گمانه

بعد از تکمیل همه آزمون‌ها در عمق‌یابی، گمانه باید پر شود و محل مطابق ویژگی‌های ارایه شده در استاندارد ISO 22475-1 بازیافت شود.

۶ نتایج آزمون

۶-۱ معادلات پایه

مدول‌های برشی آزمون دیلاتومتر منعطف (G_{FDT}) عبارت است از:

$$GFDT = \Delta P [0.5d_s / \Delta d] \quad (1)$$

که در آن:

d_s قطر اسمس حفره است. همه اندازه‌گیری‌های قطر گمانه به d_s مربوط است و باید همان طور که در شکل-های ۴ و ۵ نشان داده شده است، تعیین شود، این کار با مقایسه قسمت خطی اولیه نمودار انبساطی برای برآورده کردن خط افقی از طریق محور فشار که انبساط حفره شروع می‌شود (p_s)، انجام می‌شود.

Δd تغییر مکان قطری اضافی گمانه ناشی از Δp ؛

Δp تغییر فشار اعمالی روی فشار تماسی، هستند.

برای محاسبه مدول‌های دیلاتومتر منعطف (E_{FDT}) از مدول‌های برشی (G_{FDT})، معادله زیر باید به کار رود:

$$EFDT = 2GFDT(1 + \nu) \quad (2)$$

که لازم است نسبت پواسون (ν) فرض شود.

Δp و Δd باید مطابق با مقادیر واسنجی به دست آمده قبل از آزمون تصحیح شود (به بند ۵-۳-۲ مراجعه شود).

یادآوری ۱- در بسیاری از مواد مدول وابسته به کرنش و مسیر است. مجموعه‌ای از مدول سکانت را حاصل از نمودار فشار در برابر تغییر مکان را می‌توان برای تعریف این متغیر به کار برد.

یادآوری ۲- رابطه (۲) مدول یانگ را فقط برای مواد همگن و الاستیک خطی ارایه می‌کند.

۲-۶ آزمون بارگذاری

۲-۶-۱ کلیات

برای روش‌های A تا C، داده‌های آزمون باید همان طور که در شکل‌های ۴ تا ۶ نشان داده شده است، رسم شوند، در پیوست ب و در پیوست پ که نتایج آزمون‌های روش A نشان داده شده است. قطر حفره تصحیح شده باید به عنوان تابعی از فشار اعمالی تصحیح شده (p) ترسیم شود. مدول‌های برشی آزمون دیلاتومتر منعطف (G_{FDT}) از Δd و Δp مطابق رابطه (۱) تعیین می‌شوند.

موقع ارزیابی آزمون‌های دیلاتومتر منعطف، (Δp) فقط باید در داخل محدوده هر مرحله بارگذاری یا باربرداری انتخاب شود. هر کدام که انتخاب شد تعیین می‌کند که مدول اندازه‌گیری شده بارگذاری است یا باربرداری. بین مدول بارگذاری اول و مدول‌های بارگذاری مجدد مختلف باید تفاوت گذاشته شود (به شکل-های ۴ و ۵ و جدول ب-۲ مراجعه شود). همه مدول‌ها باید به صورت مجزا نتیجه‌گیری و بیان شوند. مقادیر مدول‌ها بهتر است تا سه رقم اعشار بیان شوند.

آزمون‌ها مطابق روش D باید برای اهداف خاص طراحی شوند. مقتی تغییر شکل غشا بزرگ است، برای امکان ارزیابی صحیح تغییر شکل وابسته به زمان زمین، باید اقداماتی برای حفظ فشار ثابت تصحیح شده بین t_1 و t_2 انجام شود.

۲-۶-۲ تعیین مدول

G باید با استفاده از مقدار میانگین تغییرمکان قطری حفره اندازه‌گیری شده در حداقل سه جهت قطری برای چرخه بار ارایه شده تعیین شود. به هر حال، اگر مقادیر بیش از سایر روش‌های سنگ شناسی نشان دهنده جرم سنگ و خاک تفاوت کنند، مقادیر G باید به طور جداگانه برای هر جهت تعیین و گزارش شود. یادآوری - این روش ارزیابی برای هر ۴ روش A تا D به کار می‌رود.

۲-۶-۳ روش A

مدول‌ها باید به صورت زیر محاسبه شود:

الف- مدول بارگذاری اول (G_{L1}) از مماس رسم شده به چرخه بار اولیه از تقاطع p_s و d_s (به شکل ۴ مراجعه شود)؛

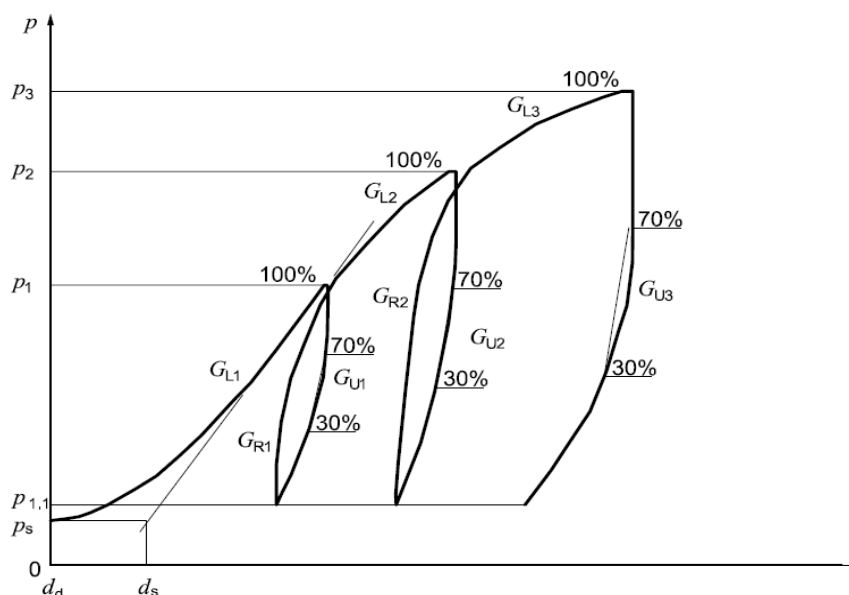
ب- مدول بارگذاری اول بعدی (G_{Li}) از شیب سکانت بین فشار معکوس فوقانی (یعنی p_1 برای G_{L2}) و فشار نهایی مرحله بارگذاری (یعنی p_2) (به شکل ۴ مراجعه شود)؛

پ- مدول بار برداری G_{Ui} برای هر مرحله بار برداری بین ۳۰٪ و ۷۰٪ محدوده فشار بین فشار معکوس فوقانی (p_1 یا p_2 یا p_3) و فشار آسودگی کامل ($p_{1.1}$ (۰٪) (به جدول ۲ و شکل ۴ مراجعه شود)؛

ت- مدول بارگذاری مجدد G_{Ri} برای هر مسیر بارگذاری مجدد برای هر مسیر باربرداری بین ۳۰٪ و ۷۰٪ محدوده فشار بین فشار معکوس فوقانی (p_1 یا p_2 یا p_3) و فشار آسودگی کامل ($p_{1.1}$ (۰٪) باید محاسبه شود (به جدول ۲ و شکل ۴ مراجعه شود).

جدول ۲- مدول آزمون‌های دیلاتومتر منعطف

بارگذاری اول	باربرداری (۷۰٪ - ۳۰٪)	بارگذاری مجدد
G_{L1}	G_{U1}	G_{R1}
G_{L2}	G_{U2}	G_{R2}
G_{L3}	G_{U3}	G_{R3}



راهنما:

L مرحله بارگذاری

U مرحله باربرداری

R مرحله بارگذاری مجدد

۱ و ۲ و ۳ شماره حلقه

G_{Li} مدول برشی در مرحله بارگذاری شماره i

G_{Ui} مدول برشی در مرحله باربرداری شماره i

G_{Ri} مدول برشی در مرحله بارگذاری مجدد شماره i

p_s فشار نشست

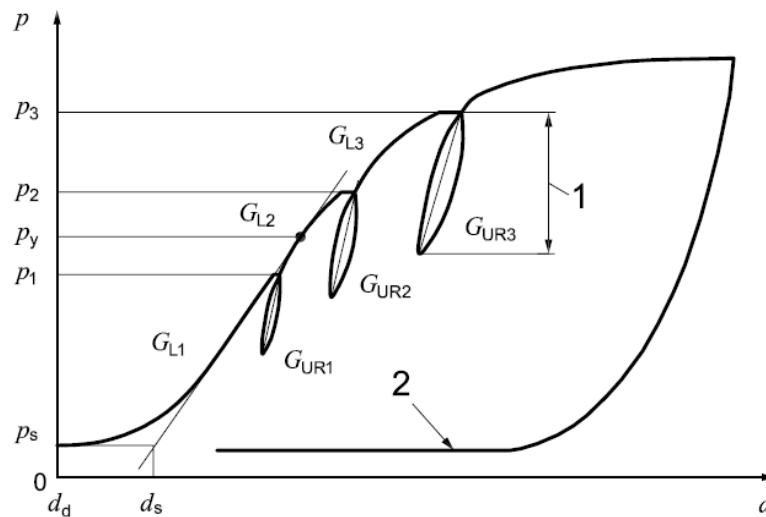
p_1, p_2, p_3 فشارها در نقاط معکوس حلقه

d_d قطر خارجی دیلاتومتر

شکل ۴- مدول برشی G_{FDT} در روش A

۴-۲-۶ روش B

مدول بارگذاری اول (G_{L1}) باید از مماس رسم شده به چرخه بارگذاری اول از تقاطع p_s و d_s محاسبه شود (به شکل ۵ مراجعه شود)، مدول بارگذاری بعدی (G_L) باید از مماس منحنی d در برابر p تعیین شود (به شکل ۵ مراجعه شود)، مدول باربرداری/بارگذاری مجدد G_U باید از هر چرخه باربرداری/بارگذاری مجدد و با تعیین خط شیب هر شبکه مجزا همان طور که در شکل ۵ نشان داده شده، محاسبه شود.



راهنما:

۱ تغییر فشار، معمولاً $p_{i/3}$
۲ شکست غشایی در ارتفاع آب

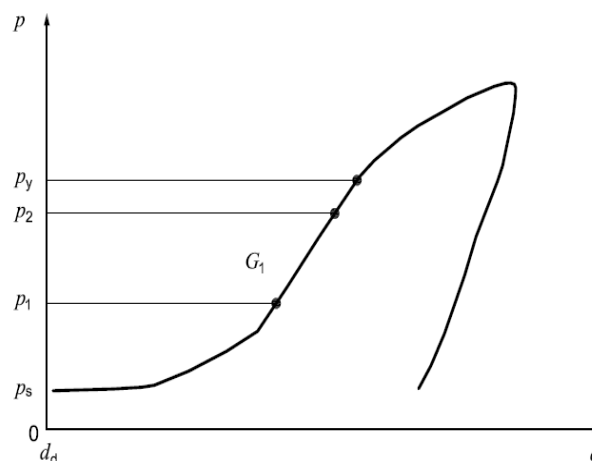
L مرحله بارگذاری
U مرحله باربرداری
R مرحله بارگذاری مجدد
۱ و ۲ و ۳ شماره حلقه

G_L مدول برشی در مرحله بارگذاری
 G_{UR} مدول برشی در مرحله باربرداری/بارگذاری مجدد
 p_s فشار نشست
 d_s قطر اسمی حفره
 p_1, p_2, p_3 فشارها در نقاط معکوس حلقه در نقاط ۱ و ۲ و ۳
 p_y فشار تسلیم زمین

شکل ۵- مدول برشی G_{FDT} در روش B

۶-۲-۴ روش C

مدول بارگذاری اول (G_1) باید با تعیین شیب بین نقاط متناظر (برای مثال p_1 و p_2 در شکل ۶) در ۳۰٪ و ۷۰٪ محدوده فشار قسمت خطی منحنی تا فشار p_y محاسبه شود.



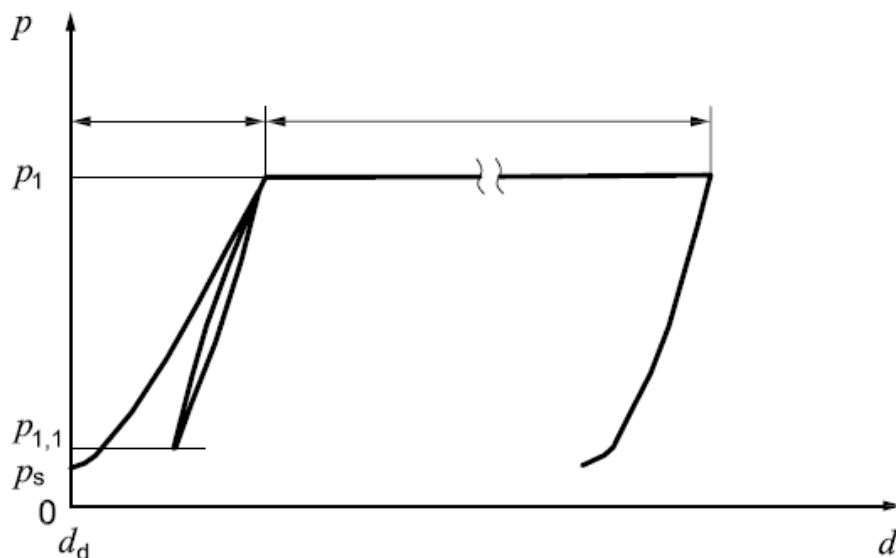
راهنما:

p_y فشار تسلیم زمین

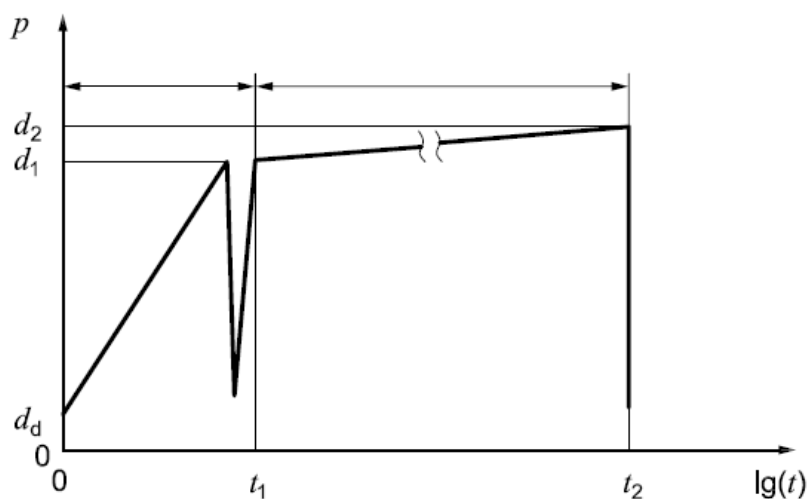
شکل ۶- مدول برشی G_1 در روش C

۳-۶ آزمون‌های فشار ثابت (روش D)

بعد از شروع آزمون مرحله بارگذاری با چرخه باربرداری/ بارگذاری مجدد دنبال می‌شود، p_1 باید طی دوره زمانی تعیین شده ثابت نگه داشته شود (به شکل ۷-الف مراجعه شود).



الف - فشار در برابر تغییر مکان



ب - زمان در برابر تغییر مکان

شکل ۷- آزمون‌های فشار ثابت

قطر حفره تصحیح شده باید به صورت نیمه لگاریتمی به عنوان تابعی از زمان سپرش ده ترسیم شود (به شکل ۷-ب مراجعه شود). نمودار نشان دهنده منحنی تقریباً خطی است.

پارامتر خزش k_f متناظر با شیب بین t_1 و t_2 مشخص کننده مشخصات تغییر شکل وابسته به زمان مواد باید از سطح فشار ارایه شده از رابطه (۳) محاسبه شود:

$$K_f = \frac{d_2 - d_1}{\log(t_2/t_1)} \quad (3)$$

که در آن:

d_2 قطر حفره تصحیح شده در زمان t_2 ؛

d_1 قطر حفره تصحیح شده در زمان t_1 ، هستند.

۴-۶ نمودارهای تصحیح شده و تصحیح نشده

d_r به عنوان تابعی از p_r باید برای ترسیم منحنی دیلاتومتر منعطف تصحیح نشده به کار رود:

$$d_r = f(p_r) \quad (4)$$

d به عنوان تابعی از p باید برای ترسیم منحنی دیلاتومتر منعطف تصحیح شده به کار رود:

$$d = f(p) \quad (5)$$

که فشار تصحیح شده اعمالی برای کاهش فشار غشا و سفتی (الف-۲) از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$p = p_r(d_r) - p_e(d_r) \quad (6)$$

که قطر حفره تصحیح شده (d) از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$d = d_r - a p_r \quad (7)$$

و a با روش بیان شده در بند الف-۳ تعیین می‌شود.

برای کاوشگر دیلاتومتر نوع A ، ضریب تراکم غشا (a) صفر است.

۷ گزارش آزمون

۱-۷ کلیات

در ارایه نتایج آزمون، توصیه می‌شود اطلاعات مانند جداول یا طرح بایگانی استاندارد به راحتی در دسترس باشد. ارایه به صورت دیجیتالی برای آسانی تغییر داده‌ها مجاز است.

۲-۷ گزارش نتایج آزمون

بندهای ۱-۲-۷ تا ۵-۲-۷ مشخص می‌کنند که چه اطلاعاتی باید در موارد زیر وجود داشته باشد:

الف- ثبت کارگاهی نتایج آزمون؛

ب- گزارش آزمون؛

پ- هر جدول و هر نموداری از نتایج آزمون.

گزارش کارگاهی (در محل پروژه کامل شده) و گزارش آزمون باید شامل اطلاعات ارایه شده در این بند باشد.

نتایج آزمون باید برای قادر ساختن شخص سوم برای کنترل و درک نتایج گزارش شود.

طی آزمون، خصوصیات و انحرافات از این استاندارد باید ثبت شود که ممکن است بر نتایج اندازه‌گیری تاثیر بگذارد، باید ثبت و گزارش شود.

تمام آزمون‌های دیلاتومتر باید تحلیل و به روشی که امکان تایید آن‌ها توسط شخص سوم وجود داشته باشد گزارش شوند.

۷-۲-۱ اطلاعات عمومی

	گزارش کارگاهی	گزارش آزمون	هر طرح
الف	ارجاع به این استاندارد	-	×
ب	شرکت مجری آزمون	×	×
پ	نام و امضا کاربر تجهیزات اجرای آزمون	×	-
ت	نام و امضا مدیر مسئول پروژه	-	×
ث	عمق آب زیرزمینی (در صورت ثبت) و تاریخ و زمان ثبت	×	×
ج	توصیف مواد حفاری شده مطابق استاندارد ISO 14688-1 و ISO 14689-1	×	×
چ	نوع و ترکیب ابزار به کار رفته برای حفاظت دیواره گمانه	×	×
ح	عمق و دلایل احتمالی هر توقف در آزمون جک گمانه	×	×
خ	معیار توقف اعمالی، مانند فشار نهایی، فشار حداکثر، قطر حداکثر	×	×
د	مشاهدات انجام شده طی آزمون، مانند: تغییر فشار، قطر یا حجم، حوادث، تغییرات مهم در قرائت‌ها صفر یا مرجع	×	×
ش	پر کردن حفره مطابق استاندارد ISO 22475-1	×	-

۷-۲-۲ محل آزمون

	گزارش کارگاهی	گزارش آزمون	هر طرح
الف	شماره آزمون	×	×
ب	عمق آزمون	-	×
پ	مختصات کلی یا محلی	-	×
ت	سامانه مرجع و رواداری‌ها	-	×
ث	ارتفاع سطح زمین با ارجاع به سطح مبنای مشخص	-	×

۷-۲-۳ تجهیزات آزمون

	گزارش کارگاهی	گزارش آزمون	هر طرح
الف	نوع دیلاتومتر	×	×
ب	هندسه و ابعاد	×	×
پ	توصیف کارهای حفاری مطابق استاندارد ISO 22475-1	×	-
ت	شناسایی دیلاتومتر	×	×
ث	گستره اندازه‌گیری حسگرها	-	×
ج	تاریخ آخرین واسنجی حسگرها	-	×
چ	در صورت کاربرد، قطر داخلی، ضخامت دیواره و مواد استوانه واسنجی	×	-

۷-۲-۴ روش آزمون

	گزارش کارگاهی	گزارش آزمون	هر طرح
الف	نوع آزمون (A و B و C و D یا انحراف)	×	-
ب	ویژگی‌های آزمون	×	-
پ	روش کنترل آزمون (فشار کنترل شده یا تغییر مکان کنترل شده)	×	-
ت	تاریخ انجام آزمون	×	×
ث	زمان آغاز آزمون	×	-
ج	ساعت رویدادها طی آزمون	×	-
چ	عمق آزمون جک گمانه، اندازه‌گیری شده نسبت به مرکز صفحات انبساطی	×	×
ث	سطح سیال (آب یا گل حفاری) در گمانه	×	-

۷-۲-۵ پارامترهای محاسباتی و اندازه‌گیری

	گزارش کارگاهی	گزارش آزمون	هر طرح
الف	فشار اعمالی p و دیلاتومتر حفره با زمان	×	-
ب	قرائت‌های صفر و یا مرجع فشار و قطر قبل و بعد از آزمون	×	-
پ	تغییر مکان صفر (در واحدهای مهندسی)	-	×
ت	تصحیحات اعمال شده طی پردازش داده‌ها (مانند جابجایی، سامانه پذیرش)	-	×
ث	داده‌های واسنجی برای برآورده کردن سامانه و سفتی غشا	×	-
ج	مدول دیلاتومتر منعطف و روش‌های به کار رفته برای به دست آوردن آن‌ها	×	-

۷-۳ انتخاب مقیاس محور

همه نتایج ترسیمی باید در مقیاسی که نتایج به صورت منطقی در نمودار پر می‌شود، در فضای کاغذ آرایه شود.

۷-۴ آرایه نتایج آزمون

آرایه نتایج آزمون دیلاتومتر منعطف باید شامل داده‌ها مطابق بند ۷-۲ باشد:

الف- ویژگی‌های سامانه اندازه‌گیری فشار و تغییر مکان (نوع، تولید کننده، شماره سریال)؛

ب- ویژگی‌های دیلاتومتر منعطف (نوع، تولید کننده، شماره سریال)؛

پ- جداول و نمودارهای فشار اعمالی p_r در برابر قطر حفره d_r ؛

ت- جدول مدول محاسبه شده از نتایج آزمون؛

ث- جدول و نمودارهای فشار تصحیح شده p در برابر قطر حفره تصحیح شده d (شکل‌های ۴ تا ۷)؛

ج- نمودار فشار تصحیح شده (p)، به عنوان تابعی از زمان (t) (نمودار بار- زمان).

پیوست الف
(الزامی)
نگهداری، کنترل و واسنجی

الف-۱ نگهداری و کنترل

الف-۱-۱ مستقیم بودن میله‌های رانش

توصیه می‌شود قبل از انجام آزمون، مستقیم بودن میله‌های رانش با یکی از روش‌های زیر کنترل شود:
الف- نگهداری میله‌ها به صورت قائم و چرخاندن آن‌ها، اگر میله‌ها لق باشند، مستقیم بودن آن‌ها قابل قبول نیست؛

ب- غلتاندن میله‌ها روی سطح صاف، اگر میله‌ها تلو تلو بخورند، مستقیم بودن آن‌ها قابل قبول نیست؛
پ- لغزاندن در یک لوله مجوف مستقیم که کمی درازتر از میله باشد، اگر میله را بتوان بدون متراکم کردن عبور داد مستقیم بودن قابل قبول است؛
اگر هر نشانه‌ای از خم شدن مشاهده شود، بهتر است استفاده از میله‌ها متوقف شود.
ممکن است روش‌های دیگری برای کنترل مستقیم بودن به کار رود.

یادآوری- در رده کاربردی ۴، شیب سنج وجود ندارد، بنابراین کنترل مستقیم بودن میله‌ها مهمتر است.

الف-۱-۲ پوشش نفوذسنج مخروطی

پوشش مخروط و پوشش اصطکاکگیر برای اطمینان از این که رواداری‌های هندسی برآورده می‌شوند (به بندهای ۴-۴ و ۴-۵ مراجعه شود)، باید به طور منظم کنترل شود (به جدول الف-۱ مراجعه شود). الگوی هندسی استاندارد شبیه به نفوذسنج مخروطی استفاده نشده را می‌توان برای کنترل به کار برد.

الف-۱-۳ فاصله‌ها و درزها

فاصله‌ها و درزها بین قسمت‌های مختلف نفوذسنج مخروطی باید به طور مرتب کنترل شود (به جدول الف-۱ مراجعه شود). درزها باید از لحاظ ورود ذرات خاک کنترل و تمیز شود. نفوذسنج باید قبل از انبار کردن تمیز شود.

الف-۱-۴ سامانه اندازه‌گیری فشار منفذی

در صورتی که اندازه‌گیری فشار منفذی انجام شود، بهتر است فیلتر دارای نفوذپذیری کافی برای پاسخ مناسب باشد (به بند ۴-۶-۱ مراجعه شود). بهتر است قبل از شروع نفوذ، سامانه فشار منفذی کاملاً اشباع شود و تا رسیدن نفوذسنج مخروطی به سطح آب زیرزمینی یا خاک اشباع، اشباع نگهداشته شود. برای فواصل نگهداری به جدول الف-۱ مراجعه شود.

قبل از هر آزمون باید فیلتر به صورت چشمی از لحاظ آسیب، پوشش و گرفتگی کنترل شود. ترجیحاً قبل از هر آزمون، بهتر است فیلتر تعویض شود و مراحل اشباع کردن انجام شود.

الف-۱-۵ روش‌های اجرایی نگهداری

برای نگهداری و واسنجی تجهیزات باید از طرح کنترل جدول الف ۱ به همراه دستورالعمل سازنده برای تجهیزات خاص پیروی شود.

جدول الف ۱ - طرح کنترل برای نگهداری عادی

کنترل عادی	شروع آزمون	پایان آزمون	هر ۶ ماه
عمود بودن دستگاه رانش	×	-	-
عمق حسگر	-	-	×
میله‌های رانش	×	-	-
پوشش	×	×	-
فاصله‌ها و درزها	×	×	-
مقدار صفر	×	×	-
واسنجی	-	-	^a ×
فیلتر	×	×	-
سرعت نفوذ	-	-	×
عملکرد ایمنی	-	-	×

^a و در فواصل آزمون‌های درازمدت، به بند الف-۲-۱ مراجعه شود.

الف-۲ واسنجی

الف-۲-۱ روش‌های اجرایی عمومی

نفوذسنج مخروطی جدید با در نظر گرفتن مواد زیر واسنجی شود:

الف- ضرایب مساحت خالص، به کار رفته برای تصحیح مقاومت مخروط و اصطکاک پوشش اندازه‌گیری شده؛

ب- تاثیر اصطکاک داخلی- محدود کننده حرکت قسمت‌های منفرد؛

پ- تاثیرات تداخل محتمل (تداخل الکتریکی)؛

ت- تاثیرات دمای محیط.

واسنجی‌ها و کنترل‌ها برای هر نفوذسنج مخروطی اختصاصی هستند. آن‌ها تغییرات ناشی از کارکرد و هندسه نفوذسنج را طی عمر نفوذسنج نشان می‌دهند. بهتر است کالیبراسیون به طور مرتب، حداقل هر شش ماه یکبار انجام شود. اگر در ردیابی، انحرافات مهمی ثبت نشود، مدت طولانی‌تری بین واسنجی‌ها می‌توان اعمال کرد. ممکن است بسته به رده کاربرد، الزامات و جابجایی صفر در بار صفر، مقدار واسنجی بیشتری لازم باشد. ممکن است طی آزمون درازمدت، کالیبراسیون بیشتری انجام شود.

توصیه می‌شود واسنجی‌ها شامل کل سامانه اندازه‌گیری، یعنی مبدل‌های نصب شده، سامانه کسب داده‌ها، کابل‌ها و... باشد. ترجیحا واسنجی با عنوان "واسنجی سامانه" یعنی با استفاده از سامانه کسب داده‌های یکسان انجام می‌شود. توصیه می‌شود طی کار کارگاهی، کنترل عملکرد منظم تجهیزات انجام شود. این کار حداقل باید یک بار در هر مکان و یا یک بار در روز انجام شود. بعلاوه، بهتر است کنترل عملکرد و واسنجی

مجدد احتمالی، در صورتی که کاربر شک داشته باشد که اضافه بار در حسگرهای بار وجود دارد (از بین رفتن واسنجی)، انجام شود. به طور کلی باید از الزامات استاندارد ISO 10012 تبعیت شود.

الف-۲-۲ واسنجی مقاومت مخروط و اصطکاک پوشش

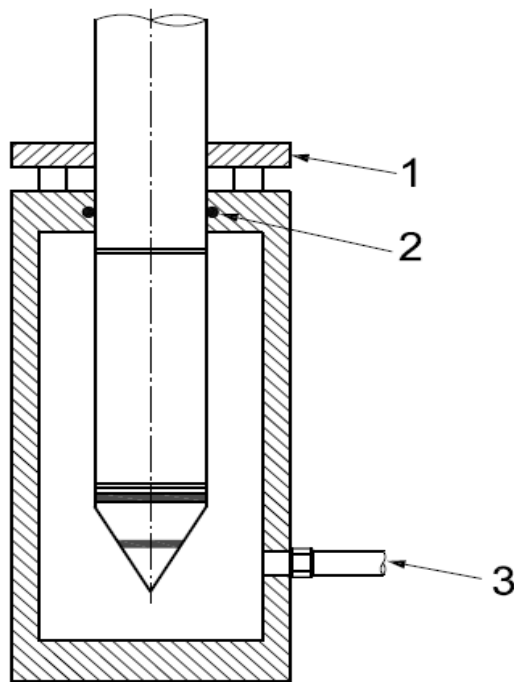
بارگذاری و باربرداری محوری تدریجی مخروط و پوشش اصطکاکی، مقاومت مخروط و اصطکاک پوشش را واسنجی می‌کند. واسنجی‌های مقاومت مخروط و اصطکاک پوشش را می‌توان به طور جداگانه انجام داد اما سایر حسگرها باید به صورت منفرد برای اطمینان از این که بار اعمالی بر آن‌ها تاثیر ندارد کنترل شوند. واسنجی برای اندازه‌گیری‌های مختلف با تاکید ویژه بر محدوده مربوط به آزمون‌های پیش‌رو انجام می‌شود. توصیه می‌شود واسنجی‌های جدیدی بعد از این که آزمون نفوذ مخروط تحت شرایط مشکل اجرا شده باشد، یا شیف‌ت صفر مهمی ثبت شده باشد (برای مثال اگر نفوذسنج مخروطی نزدیک ظرفیت حداکثر خود بارگذاری شده باشد)، انجام شود.

موقع بارگذاری پوشش اصطکاکی تنها، یک واحد واسنجی ویژه جایگزین مخروط می‌شود. این واحد برای انتقال نیروهای محوری به ناحیه انتهایی پایینی پوشش اصطکاکی، طراحی می‌شود. موقعی که یک نفوذسنج مخروطی جدید واسنجی می‌شود، بهتر است حسگرها در معرض ۱۵ تا ۲۰ چرخه بارگذاری تکرار شونده تا بار حداکثر قرارگیرند قبل از این که واسنجی واقعی انجام شود.

یادآوری- الزامات برای روش اجرایی واسنجی مجزا برای مخروط و پوشش اصطکاکی معمولاً برای نفوذسنج مخروطی کاهش لازم نیست.

الف-۲-۳ واسنجی فشار منفذی و ضریب مساحت خالص

توصیه می‌شود واسنجی سامانه اندازه‌گیری فشار منفذی و تعیین تاثیرات فشار منفذی روی مقاومت مخروط، اصطکاک پوشش و ضریب مساحت خالص (a)، به ویژه در طراحی محفظه فشار، انجام شود (به شکل الف-۱ مراجعه شود). توصیه می‌شود محفظه فشار به نحوی ساخته شود که بتوان قسمت پایینی نفوذسنج مخروطی را در محفظه سوار کرد و پوشش اصطکاکی را درزبندی کرد. توصیه می‌شود قسمت محصور نفوذسنج مخروطی در معرض فشار محفظه افزایشی تدریجی قرار گیرد و مقاومت مخروط، اصطکاک پوشش و فشار منفذی ثبت شود. در این روش منحنی واسنجی برای مبدل فشار منفذی حاصل می‌شود و نسبت مساحت خالص را می‌توان از منحنی پاسخ برای مقاومت مخروط و اصطکاک پوشش تعیین کرد. و همچنین محفظه فشار برای کنترل پاسخ حسگر فشار منفذی به تغییرات فشار چرخه‌ای مناسب است.



۱: دستگیره

۲: درزبند حلقه‌ای "O"

۳: لوله فشار

شکل الف ۱ - محفظه فشار برای تعیین نسبت مصالح خالص

الف-۲-۴ واسنجی تاثیرات دمای محیط

نفوذسنج مخروطی باید برای تاثیرات دمای محیط در سطوح دمای مختلف واسنجی شود. برای مثال با قرار دادن نفوذسنج مخروطی در منابع آب در دماهای مختلف، علائم حسگر باید تا زمانی که مقادیر ثابت می‌شوند، ثبت شود. از این نتایج اندازه تغییرات در قرائت‌های صفر در هر $^{\circ}\text{C}$ به دست می‌آید و تاثیر از زمان لازم برای ثابت شدن دما در عملکرد کارگاهی حاصل می‌شود. این موضوع اطلاعات مهمی برای آماده کردن صحیح تجهیزات آزمون قبل از آغاز آزمون نفوذ است. موضوع فوق برای دمای محیط اعمال می‌شود و برای دماهای زودگذر اعمال نمی‌شود.

الف-۲-۵ واسنجی حسگر طول نفوذ

توصیه می‌شود عمق نفوذ حداقل هر ۶ ماه و بعد از هر تعمیر واسنجی شود.

الف-۲-۶ واسنجی شیب‌سنج

شیب‌سنج‌ها در نفوذسنج مخروطی باید در دامنه اندازه‌گیری در دو جهت عمود بر هم به وسیله شاقول واسنجی شود. توصیه می‌شود واسنجی در هر 1° برای رده‌های ۱ و 2° یا 2° برای رده ۳ انجام شود. از این نتایج، نشانه‌ای از خطی بودن حسگر حاصل می‌شود.

پیوست ب

(الزامی)

محاسبه عمق نفوذ

برای رده‌های کاربردی ۱ و ۲ عمق آزمون نفوذ مخروط باید برای شیب با معادله زیر تصحیح شود:

$$Z = \int_0^l C_{inc} dl \quad (\text{ب } ۱)$$

که در آن:

Z : عمق نفوذ برحسب m

l : طول نفوذ برحسب m

C_{inc} ضریب تصحیح برای تاثیر شیب نفوذسنج مخروطی نسبت به محور قائم، هستند.

معادلات برای محاسبه ضریب تصحیح C_{inc} برای تاثیر شیب نفوذسنج مخروطی نسبت به محور قائم، بر روی عمق نفوذ عبارتند از:

الف- برای شیب‌سنج بدون جهت:

$$C_{inc} = \cos \alpha \quad (\text{ب } ۲)$$

که در آن α زاویه مجموع اندازه‌گیری شده بین محور قائم و محور نفوذسنج مخروطی برحسب درجه است.
ب- برای شیب‌سنج دو محوره:

$$C_{inc} = \frac{1}{\sqrt{1 + \text{tg}^2_{\beta_1} + \text{tg}^2_{\beta_2}}} \quad (\text{ب } ۳)$$

که در آن:

β_1 زاویه بین محور قائم و تصویر محور نفوذسنج مخروطی در صفحه قائم برحسب درجه،

β_2 زاویه بین محور قائم و تصویر محور نفوذسنج مخروطی روی صفحه قائمی است که بر صفحه زاویه β_1 عمود است، برحسب درجه، هستند.

پیوست پ

(اطلاعاتی)

تصحیح اصطکاک پوشش برای فشار آب

اصطکاک پوشش تصحیح شده را می توان به صورت تعیین کرد:

$$f_t = f_s - \frac{(u_2 \times A_{sb} - u_3 \times A_{st})}{A_s}$$

که در آن:

f_t اصطکاک پوشش تصحیح شده، بر حسب MPa؛

f_s اصطکاک پوشش اندازه گیری شده، بر حسب MPa؛

A_s مساحت پوشش اصطکاکی، بر حسب mm^2 ؛

A_{sb} مساحت سطح مقطع کف پوشش اصطکاکی، بر حسب mm^2 ؛

A_{st} مساحت سطح مقطع فوقانی پوشش اصطکاکی، بر حسب mm^2 ؛

u_2 فشار منفذی اندازه گیری شده بین پوشش اصطکاکی و مخروط، بر حسب MPa؛

u_3 فشار منفذی اندازه گیری شده در بالای پوشش اصطکاکی، بر حسب MPa، هستند.

در صورتی که این تصحیح انجام می شود این تصحیح نیازمند مقادیر u_2 و u_3 است و این مقادیر باید اندازه گیری شوند.

یادآوری - u_3 را می توان از با استفاده از روابط ارائه شده در گزارش SGI ۴۲ [7] از روی u_2 تخمین زد.

این تصحیحات در خاک های خوب دانه بندی شده که در آنها فشار منفذی اضافی طی نفوذ مهم است، دارای اهمیت بیشتری هستند. توصیه می شود مقادیر تصحیح شده نتایج آزمون برای اهداف تفسیر و طبقه بندی به کار رود.

پیوست ت

(اطلاعاتی)

آماده کردن دیلاتومتر

ت-۱ اشباع کردن

معمولا آب مقطر هواگیری شده برای انجام آزمون در خاک‌های اشباع به کار می‌رود. در مواردی که آزمون-های نفوذ در خاک‌های غیر اشباع با پوسته خشک و خاک‌های اتساعی (مانند ماسه متراکم) انجام می‌شود، توصیه می‌شود فیلتر با گلیسیرین هواگیری شده یا مایع مشابه که نگهداری اشباع در سراسر آزمون را راحت می‌کند، اشباع شود. وقتی آب هواگیری شده به کار می‌رود، بهتر است فیلتر حداقل به مدت ۱۵ min جوشانده شود. توصیه می‌شود فیلتر قبل از انبارش در ظرف درزبندی شده، در آب خنک شود. بهتر است حجم زیادی از آب هواگیری شده تهیه شود. این آب موقع سوار کردن قبل از به کار گیری ضروری است. جوشاندن فیلترها ممکن است برای بعضی از انواع فیلترها (مانند پلی اتیلن متراکم) قابل قبول نباشد. اگر گلیسیرین به کار می‌رود، فیلترهای خشک، مستقیما در مایع قرار گرفته و با خلا تقریبا به مدت ۲۴h اصلاح می‌شود. محفظه مبدل معمولا با مایعی که برای فیلتر به کار رفته اشباع می‌شود. این کار را می‌توان با تزریق مستقیم مایع به درون محفظه یا با تعمیر نفوذسنج مخروطی باز شده در محفظه خلا، انجام داد. توصیه می‌شود خلا تا زمانی که تمام حباب‌های هوا از نفوذسنج مخروطی خارج می‌شوند (تقریبا ۱۵min تا ۳۰min) اعمال شود. بهتر است نصب نهایی فیلتر و درزگیرها با نفوذسنج غوطه‌ور در مایع اشباع انجام شود. توصیه می‌شود بعد از نصب، جاگذاری فیلتر کنترل شود. بهتر است ارتفاع فیلتر کافی باشد تا لقی نباشد و در عین حال به حد کافی کوچک باشد تا بتوان با دست آن را چرخاند. این موضوع از تنش اضافی در درزهای دور فیلتر جلوگیری می‌کند و همچنین اثرات آن را از اندازه‌گیری کاهش می‌دهد. بعد از نصب فیلتر، پوشاندن فیلتر با غشا لاستیکی که موقع تماس نفوذسنج با خاک از بین می‌رود اقدام مناسبی است. سایر جایگزین‌ها نیز ممکن است.

یادآوری- طی اشباع و نصب غشا لاستیکی، نفوذسنج در معرض تنش‌هایی خواهد بود، که ممکن است حسگرها مقادیری غیر از صفر نشان دهند.

ت-۲ فیلتر شکاف‌دار

در این سامانه، فشار منفذی با سامانه باز با شکاف ۰/۳ mm درست پشت قسمت مخروطی اندازه‌گیری می‌شود. بنابراین فیلتر متخلخل بین خاک و محفظه فشار زائد می‌شود. شکاف از طریق چندین کانال با محفظه فشار مرتبط می‌شود. آب هواگیری شده، مایع ضد یخ یا سایر مایعات را می‌توان برای اشباع محفظه فشار به کار برد، در حالی که کانال‌ها با ژلاتین یا مایع مشابه اشباع می‌شوند.

به کار بردن فیلتر شکاف‌دار می‌تواند زمان لازم برای آماده کردن نفوذسنج را کاهش دهد. بعلاوه، این سامانه فشار منفذی موقعی که عبور از طریق نواحی غیر اشباع در خاک انجام می‌شود، اشباع سامانه را بهتر حفظ می‌کند. حسگر فشار مانند پیزوکون‌های فیلتر متخلخل معمولی، تغییرات فشار در سامانه اشباع را ثبت می‌کند. مانند سایر نفوذسنج‌های مخروطی، الزامات اشباع کافی یکسان هستند، به طوری که واکنش فشار منفذی کافی طی نفوذ حاصل می‌شود.

پیوست ث

(اطلاعاتی)

عدم قطعیت در آزمون

منابع عدم قطعیت در آزمون CPT/CPTU شامل (اما نه محدود) موارد زیر است:

الف- تاثیرات دمای محیط و انتقالی؛

ب- پارامترهای واسنجی غیرصحیح، مانند کاهش واسنجی ناشی از خمش یا آسیب؛

پ- عدم اشباع یا اشباع ضعیف؛

ت- انتقال ناصحیح بارهای ناشی از خاک‌های در فواصل و درزها؛

ث- خطا در سامانه جمع‌آوری داده‌ها؛

ج- انحراف هندسی مخروط؛

چ- شیفت‌های صفر.

حتی اگر الزامات این استاندارد برآورده شوند، ممکن است موقع هدایت CPT، عدم قطعیت‌هایی در اندازه‌گیری‌ها، عمدتاً به دلیل تاثیرات دما در نفوذسنج مخروطی طی آزمون، روی دهد. این تاثیرات دما عبارتند از:

الف- دمای محیط، شرایط وقتی دمای نفوذسنج مخروطی در دمای ثابت بدون گرادیان دما از طریق بدنه نفوذسنج تغییر می‌کند؛

ب- دماهای انتقالی، تغییر دمای نفوذ سنج (مانند گرم شدن به علت نیروهای اصطکاکی نفوذسنج مخروطی) با گرادیان از طریق بدنه نفوذسنج که قابل جبران نیستند.

جبران تاثیرات دمای محیط برای نفوذسنج مخروطی قابل دستیابی است. تاثیرات دمای محیط را می‌توان با تنظیم دمای بدنه نفوذسنج در زمین از بین برد. تاثیرات دمای انتقالی را نمی‌توان جبران کرد و با تجهیزات و اقدامات ویژه می‌توان کاهش داد. به عنوان مثال این اقدامات ممکن است شامل امکان اتلاف دمای زیاد قبل از نفوذ از لایه ماسه متراکم به لایه رس نرم باشد.

در لایه‌های خیلی متراکم، ممکن است گرادیان‌های دما در نفوذسنج مخروطی تقریباً 1°C بر MPa ، با گرادیان‌های غیر قطعی در بدنه نفوذسنج، روی دهد.

برای پروژه‌های ویژه با CPT_s در رس‌های نرم تا خیلی نرم با تجهیزات ویژه، روش‌ها و اندازه‌گیری دما در نفوذسنج مخروطی (اگر کل آزمون در رس نرم باشد، ضروری نیست)، رده کاربردی ۱ قابل دستیابی است. برای کار با تجهیزات دانه‌پول در ساحل با تعیین خروجی بار صفر نفوذسنج مخروطی، عدم قطعیت می‌تواند مقداری از 100 kPa تا 200 kPa ، بسته به عمق آزمون و شرایط گل حفاری باشد.

توصیه می‌شود کاربرد انطباق اندازه‌شناسی در نفوذسنج مخروطی مطابق استاندارد ISO 10012 باشد. تغییر مکان صفر طی آزمون را می‌تواند نشانه‌ای از عدم دستیابی به رده کاربرد مطلوب باشد. اگر تغییر مکان صفر از حدود درستی رده کاربرد بیشتر شود، نتایج به رده کاربردی پایین‌تر اختصاص می‌یابد. بیانیه عدم قطعیت حاصل از آنالیز عدم قطعیت را می‌توان ارایه کرد. در این آنالیز عدم قطعیت، عدم قطعیت‌ها را می‌توان مطابق [5] WECC DOC. 19-1990 و استاندارد ISO 10012 ارایه کرد.

پیوست ج
(اطلاعاتی)
کتابنامه

- [1] ISO 14688-2, *Geotechnical investigation and testing — Identification and classification of soil — Part 2: Principles for a classification*
- [2] ISO 22475-1 *Geotechnical investigation and testing — Sampling by drilling and excavation methods and groundwater measurements — Part 1: Technical execution*
- [3] EN 1997-1, *Eurocode 7: Geotechnical design — Part 1: General rules*
- [4] EN 1997-2, *Eurocode 7: Geotechnical design — Part 2: Ground investigation and testing*
- [5] WECC DOC. 19-1990, *Guidelines for the expression of the uncertainty of measurement in calibrations*
- [6] T. Lunne, P.K. Robertson and J.J.M. Powell, *Cone penetration testing in geotechnical practice*, Blackie Academic/Routledge Publishing, New York, 1997
- [7] SGI Report 42, R. Larsson and M. Mulabdic, *Piezcone tests in clay*, 1991
- [8] NORSOK G-001, revision 2, October 2004, *Marine soil investigations*